Força e movimento

IF-UnB / Laboratório de Mecânica - Grupo:5

Aline Lima Rosa: 251018765, Beatriz Vieira Lima: 251036182, and Leonardo Martins: 251012752

(Data: 11 de maio de 2026)

Este relatório objetificou analisar as relações de força e movimento em diferentes situações da Física Clássica, buscando comparar os resultados experimentais com as situações previstas na teoria.

O estudo das relações entre força e movimento é um tema de grande importância histórica, ganhando maior notoriedade na Idade Média, com Galileu, Newton e outros contribuintes para a edificação da base físico-matemática utilizada na contemporaneidade, importantes para descrever movimentos presentes no campo de estudo da física clássica.

INTRODUÇÃO

Movimento parabólico

Nesse documento, o estudo do movimento parabólico e retilíneo serão estudados. Em foque da aceleração e desaceleração de corpos, como por exemplo o movimento parabólico, o qual é a composição de dois movimentos, um na componente y e outro na x. Dessa maneira, decompondo a velocidade inicial $\vec{v_0}$ temos

$$\vec{v_0} = \vec{v_0}_x\hat{i} + \vec{v_0}_y\hat{j} \tag{1}$$

Sabendo que o movimento parabólico parte de um ângulo θ_0, calculamos as componentes

$$\vec{v_0}_x = \vec{v_0}cos(\theta_0) \tag{2}$$

e

$$\vec{v_0}_y = \vec{v_0}sin(\theta_0) \tag{3}$$

O movimento na horizontal segue de maneira constante, ou seja, sem aceleração. Para a componente x teremos a relação

$$x - x_0 = \vec{v_0}cos(\theta_0)t \tag{4}$$

Já para o movimento acelerado na componente y, consideramos a aceleração $\vec{a} = -\vec{g}$. Logo,

$$y - y_0 = \vec{v_0}sin(\theta_0)t - \frac{gt^2}{2} \tag{5}$$

Movimento relativo

A definição de um referêncial vem do sistema de coordenadas que utilizamos para identificar um problema físico. Suponhamos que um referêncial A está parado observando um objeto P, o qual está em movimento. Há também um referêncial B que se move com relação a A de forma constante e também nota P. Temos que

$$X_{PA} = X_{PB} + X_{AB} \tag{6}$$

- X_{PA} é a posição de P com relação a A;
- X_{PB} é a posição de P com relação a B;
- X_{AB} é a posição de A com relação a B.

Ao derivar a expressão acima, obtemos

$$v_{PA} = v_{PB} + v_{AB} \tag{7}$$

- v_{PA} é a velocidade de P com relação a A;
- v_{PB} é a velocidade de P com relação a B;
- v_{AB} é a velocidade de afastamento de B com relação a A.

Carrinho sob trilho de ar: com atrito

Imaginemos agora que um carrinho de massa M se locomove sobre um trilho apoiado em cima de uma mesa. Esse carrinho se encontra inicialmente em repouso e amarrado a uma polia por uma corda, na outra extremidade se encontra um bloco de massa m suspenso a uma altura H.

Decompondo as forças do sistema, demonstramos que

$$\vec{a} = \frac{m - \mu_c M}{M + m}g \tag{8}$$

Onde $\vec{g}$ é o valor da aceleração da gravidade e μ_c é o coeficiente de atrito cinético.

Ademais, se o comprimento L do trilho $L > H$ tal que $L = H + d$ e que d seja o tamanho restante do trilho, no momento o qual a massa m alcança o chão, o carrinho

de massa M deixa de ser acelerado e se move a movimento constante ao longo de d. Ao utilizar a equação de Torricelli obtemos

$$\vec{v} = \sqrt{2aH} \tag{9}$$

METODOLOGIA

O experimento pretende analisar os dados coletados pela ferramenta Tracker no movimento parabólico e no carrinho sob o filtro de ar. Dessa maneira, o objetivo é comparar tais dados fornecidos por essa plataforma aos gráficos gerados pelo Scidavis para os movimentos e obter ajustes correspondentes com a teoria, como por exemplo o movimento parabólico para o experimento de lançamento.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Para o experimento de **movimento parabólico**, uma bolinha de sinuca foi lançada com um ângulo θ_0 de uma mão para outra à frente de um quadro verde, no qual um valor de referência de aproximadamente $30cm$ foi demarcado. Esse procedimento foi gravado utilizando uma câmera de celular à 120 frames por segundo.

Ademais, outro lançamento foi feito; agora a bolinha foi lançada com um $\theta_0 = 90°$ enquanto a pessoa caminhava à velocidade constante $\vec{v_0}x$. A particula atingiu seu máximo e retornou à mão da pessoa após um deslocamento.

Paralelamente, para os **experimentos de deslizamento dos blocos**, foram utilizados um trilho horizontal, um carrinho de massa (M), uma polia fixada em uma das extremidades e uma massa suspensa (m), conectada ao carrinho por meio de um fio de nylon. O alinhamento horizontal do trilho foi cuidadosamente verificado, tentando minimizar inclinações que pudessem interferir no movimento do objeto.

Na primeira etapa do experimento, o soprador de ar foi ligado, reduzindo significativamente o atrito entre o carrinho e o trilho. O sistema foi liberado a partir do repouso, e o movimento foi registrado em câmera lenta com 240 FPS. O vídeo obtido foi analisado no software Tracker, onde se realizou a calibração da escala métrica e o rastreamento do carrinho ao longo do tempo.

Na segunda etapa, o processo foi similar ao primeiro, conquanto, o soprador de ar foi desligado e o movimento foi analisado levando em conta o atrito do carrinho com o trilho.

Figura 1. Imagem polia amarrada ao trilho de ar.

MATERIAIS UTILIZADOS

- Software Tracker;
- Câmera de celular;
- Régua;
- Bola;
- Computador.
- Trilho
- fio de nylon

LANÇAMENTO 1

Gráficos gerados pelo Sci DAVis:

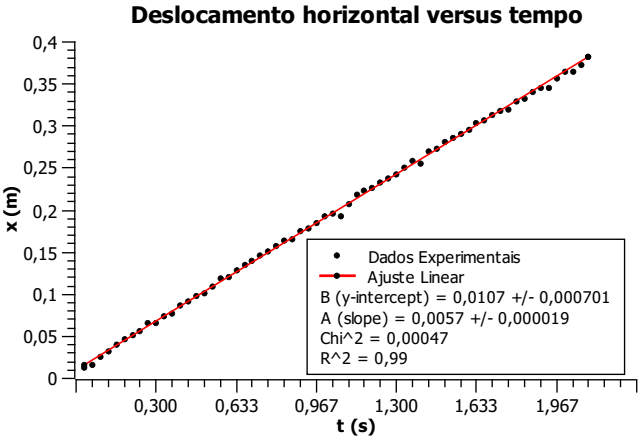

Figura 2. Gráficos do deslocamento horizontal em função do tempo

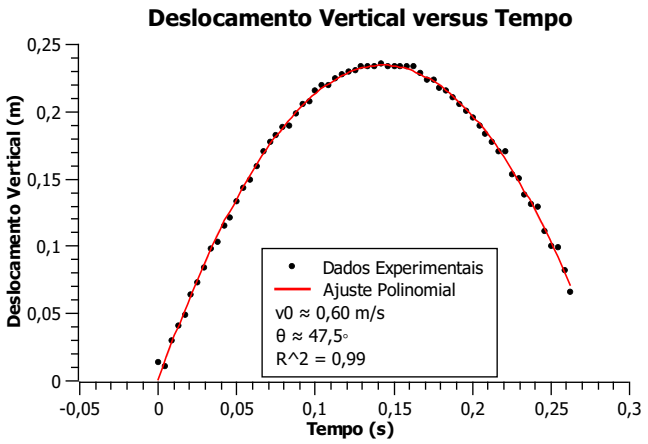

Figura 3. Gráficos do deslocamento vertical em função do tempo

Dados para o lançamento 1:

Para a velocidade inicial, utilizamos o módulo das componentes do movimento oblíquo.

$$v_0 \approx 0{,}60 \text{ m/s} \tag{10}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{v_{0y}}{v_{0x}}\right) \tag{11}$$

$$\theta \approx 47{,}5^\circ \tag{12}$$

Obtemos o ângulo diretamente no Tracker, a partir dos valores em relação aos instantes iniciais.

Paralelamente, para valores de gravidade, houve dificuldade em estimar precisamente, tendo grande flutuação de valores que não condizem com os modelos teóricos, devido a dificuldades com a posição de gravação da câmera e com a taxa de quadros do vídeo analisado, sendo aperfeiçoado para o segundo experimento com o objeto em estado de deslizamento. Dessa forma, utilizamos o valor padrão de gravidade para o segundo experimento:

$$g \approx 9,8 \text{ m/s} \tag{13}$$

Gráficos 2: $\theta \simeq 90^\circ$

Gráficos gerados pelo SciDAVis

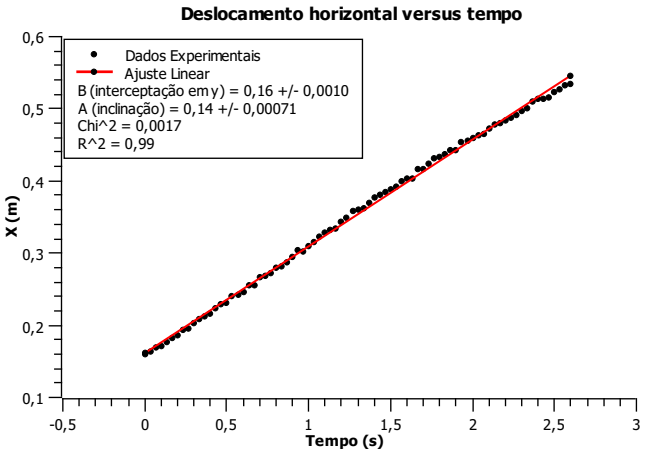

Figura 4. Gráfico do deslocamento horizontal em função do tempo para teta = 90 graus

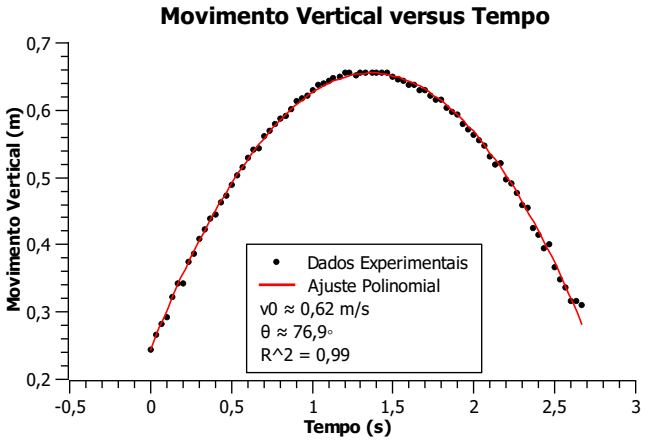

Figura 5. Gráfico do movimento vertical em função do tempo

Dados para o lançamento 2:

Estimando a velocidade inicial:

$$v_0 \approx 0{,}62 \text{ m/s} \tag{14}$$

Determinando o ângulo pelo Tracker:

$$\theta \approx 76{,}9^\circ \tag{15}$$

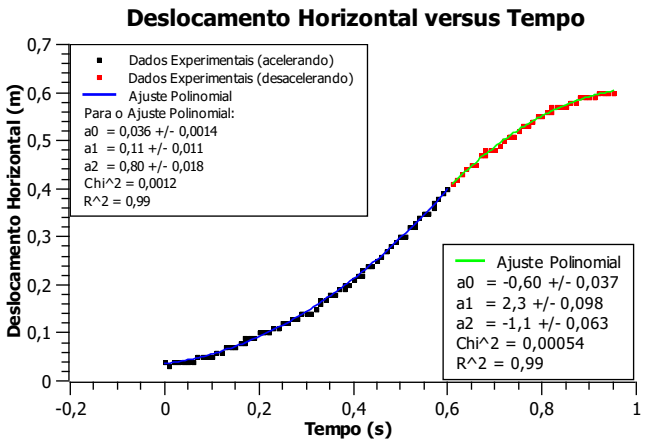

Figura 6. Gráfico do deslocamento X versus o tempo em segundos.

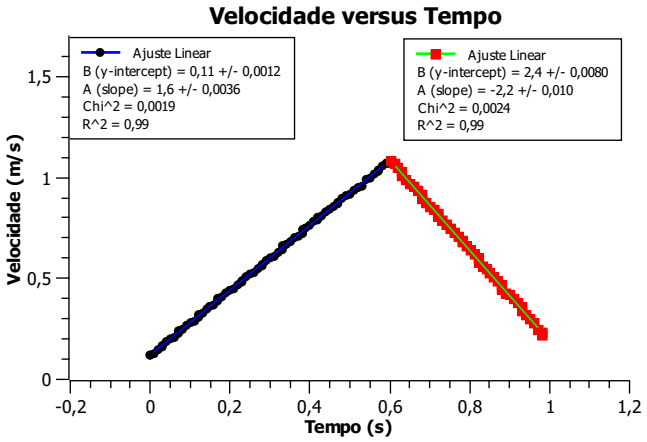

Figura 7. Gráfico da velocidade em função do tempo

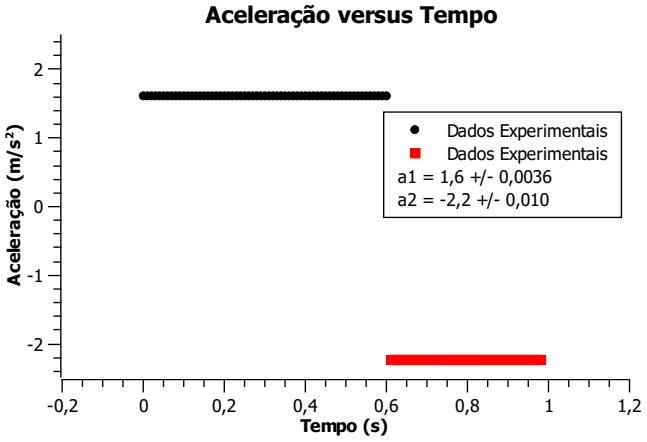

Figura 8. Gráfico da aceleração em função do tempo

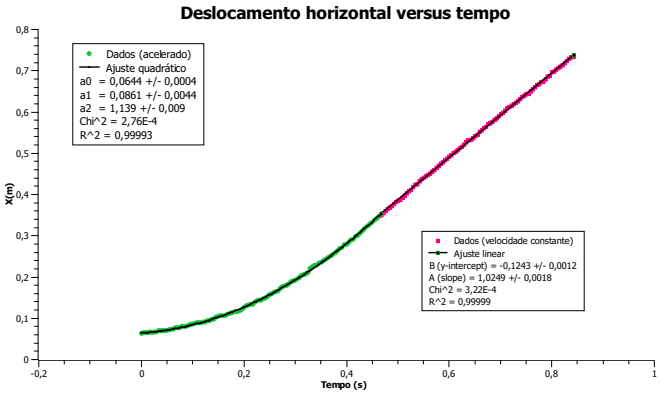

Figura 9. Gráfico do deslocamento X versus o tempo em segundos.

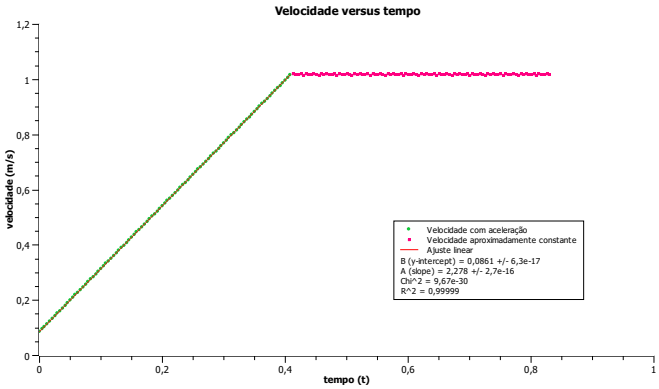

Figura 10. Gráfico da velocidade versus o tempo em segundos.

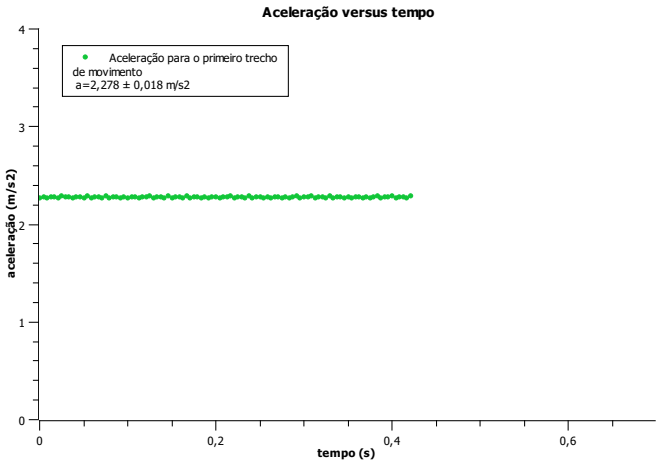

Figura 11. Gráfico aceleração do carrinho versus tempo

DADOS

Primeiro movimento

Para o primeiro movimento **com atrito**, foi apresentado uma fase de aceleração positiva e uma fase de desaceleração, com valores aproximados de:

$$a_1 \approx 1{,}61\,\mathrm{m/s^2} \tag{16}$$

$$a_2 \approx -2{,}23\,\mathrm{m/s^2} \tag{17}$$

Com a1 sendo a aceleração positiva do primeiro trecho e a2 sendo a desaceleração do segundo, com dados obtidos diretamente dos gráficos feitos no Scidavis.

Agora, para estimar o valor do coeficiente de atrito com o nosso plano:

$$F_{at} = \mu_k N \tag{18}$$

$$N = mg \tag{19}$$

$$ma = -\mu_k mg \tag{20}$$

$$\mu_k = \frac{|a|}{g} \tag{21}$$

$$\mu_k \approx 0{,}227 \tag{22}$$

Utilizamos o valor do trecho de desaceleração para obter o coeficiente de atrito experimentalmente.

Ademais, para estimar as velocidades e acelerações em cada instante de tempo, fez-se necessário derivar a equação do ajuste polinomial, obtido pelo gráfico da posição em função do tempo. Com isso, foi possível realizar os outros gráficos.

Para o trecho até 0,6 segundos:

$$v(t) = 0{,}1194 + 1{,}6078t \tag{23}$$

Para o trecho após 0,6 segundos:

$$v(t) = 2{,}422 - 2{,}23t \tag{24}$$

Segundo movimento

O segundo movimento **(sem atrito)** apresenta inicialmente uma fase acelerada, descrita por um ajuste quadrático, indicando aceleração aproximadamente constante de:

$$a \approx 2{,}28\ \mathrm{m/s^2}$$

Após esse trecho, o movimento torna-se aproximadamente uniforme, representado pelo ajuste linear, com velocidade praticamente constante de:

$$v \approx 1{,}02\ \mathrm{m/s}$$

Simulação teórica para o caso sem atrito

$$M = 250\,\mathrm{g}$$

$$m = 75\,\mathrm{g}$$

a aceleração teórica é:

$$a = \frac{m}{M+m}g$$

Substituindo os valores ideais:

$$a = \frac{0{,}075}{0{,}250 + 0{,}075} \cdot 9{,}8$$

$$a \approx 2{,}26\ \mathrm{m/s^2}$$

O valor experimental obtido a partir do ajuste quadrático foi:

$$a_{exp} \approx 2{,}28\ \mathrm{m/s^2}$$

Velocidade

Para uma altura $H = 0{,}34,\mathrm{m}$:

$$v = \sqrt{2aH} \approx 1{,}24,\mathrm{m/s} \tag{25}$$

$$v_{exp} \approx 1{,}02\ \mathrm{m/s}$$

Dessa forma, mostrando excelente concordância entre o modelo teórico ideal e os dados experimentais obtidos no laboratório de Mecânica.

DISCUSSÃO

Lançamento 1

Suponhamos que o referencial A é, no video, uma das pessoas jogando uma bolinha (objeto P) para o referencial B. Utilizando os dados da Figura 3 para o lançamento onde o referencial A e B permanecem parados e P se move, obtemos a relação linear do tipo

$$X = (0,0057 \pm 0,00002)t + (0,0107 \pm 0,0007) \quad (26)$$

Onde $X_0 = 0,0107m$, o qual é o coeficiente linear da reta e $\vec{v} = 0,0057m/s$. Essa relação confirma o movimento retilíneo uniforme da equação (4).

Agora, colocando em termos da equação (6), temos que $X_{AB} = (35,0 \pm 0,05)cm$. Temos, em metros

$$X_{PA} = X_{PB} + 0,35 \quad (27)$$

Ao derivarmos, obtemos as velocidades relativas

$$V_{PA} = V_{PB} + V_{AB} \quad (28)$$

O referencial A e B permanecem parados com relação a P, logo

$$V_{PA} = V_{PB} \quad (29)$$

Lançamento 2

Suponhamos, agora, que o referencial A é móvel e realiza o lançamento do objeto P, o qual se move juntamente com A; B permanece parado em relação a P e à A.

Sabendo que

$$X = (0,158 \pm 0,002)t + (0,0007 \pm 0,0021) \quad (30)$$

Agora, sabemos que o referencial A é móvel e percorre uma distância X

Análise Geral

A simulação teórica permitiu comparar diretamente os resultados experimentais com previsões físicas ideais. As principais discrepâncias observadas indicam limitações experimentais, especialmente relacionadas à calibração do sistema de aquisição de dados.

CONCLUSÃO

As duas configurações de movimento, embora sejam simples de serem analisadas visualmente, ao passar para o software Tracker, devido a confusões com o FPS, qualidade e posição da gravação dos videos, precisaram ser revistas ao longo da análise dos dados. Embora tenhamos obtido valores aproximados para velocidade e aceleração automaticamente pelo Tracker, foi necessária a utilização do SciDavis para fazermos os ajustes quadráticos e lineares, reduzindo a flutuação dos valores para posição, velocidade e aceleração. Após esse tratamento de dados, foi possível analisar os movimentos de lançamento e de deslizamento no plano horizontal mais efetivamente.

PARTICIPAÇÕES

Os integrantes do grupo dividiram as tarefas de forma colaborativa. Todos ficaram responsáveis pela montagem dos experimentos e coleta dos dados. Aline Lima e Leonardo Martins realizaram os cálculos e a análise dos resultados. Beatriz Vieira organizou os gráficos e tabelas. A redação dos relatórios foram feitas em conjunto, garantindo a revisão e contribuição coletiva em todas as partes.

BIBLIOGRAFIA

[1] PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS. **Capítulo 28**. Disponível em: `https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17601/material/Cap%C2%A1tulo%2028.pdf`. Acesso em: 24 abr. 2026.

[2] RIVELLES, Vitor O. **Resumo de Tópicos de Física**. Instituto de Física, Universidade de São Paulo. Disponível em: `http://www.fma.if.usp.br/~rivelles/Topicos/01.resumo.pdf`. Acesso em: 25 abr. 2026.

[3] NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Blucher, 2018.